El progreso de las civilizaciones está estrechamente ligado al progreso de su metalurgia. Actualmente, los restos de las civilizaciones antiguas se estudian a partir de los metales que entre ellos se encuentran. Debido a su color amarillo y a su perdurabilidad, el oro se ha utilizado en casi todas las culturas conocidas.

El oro, en latín *aurum*, que significa aurora brillante, nos recuerda que algunas civilizaciones pensaron que era parte del Sol y le atribuyeron propiedades mágicas. Los egipcios amortajaron con él a los faraones, para asegurar su llegada al otro mundo. En la Edad Media los alquimistas y los filósofos intentaron aislar los principios capaces de convertir un metal vulgar en oro. Posteriormente se le atribuyeron poderes curativos, que se descartaron con el paso de los años.

Este metal precioso siempre ha deslumbrado al hombre; por él se han entablado guerras y levantado ciudades. Su valor como signo de ostentación y poder ha sido ansiado desde antaño por la mayoría de los pueblos y las culturas. Actualmente, el poder del oro sigue vigente.



La metalurgia

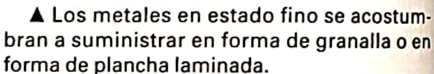


Propiedades de los metales

Todo cuanto nos rodea tiene una composición molecular, mezcla de 103 elementos primarios conocidos, que forman la tabla periódica. Entre estos elementos figuran el oro, la plata, el platino, el cobre, el cadmio, el estaño y el plomo. Los elementos de la tabla periódica, cada uno designado por su respectivo símbolo, se caracterizan por poseer una determinada estructura, un peso y un número atómico. Cuando estos metales se mezclan entre sí, sus características varían; se endurecen o ablandan, cambian de color, y aumenta o disminuye su punto de fusión.

El oro, la plata y el platino son los principales metales de las aleaciones que se tratarán en este libro. Éstos son los que pondremos en más proporción dentro de una aleación de metal precioso; el resto aparecen en una proporción menor, pero son los que cambian las propiedades de los anteriores cuando se funden entre sí.





▲ Los metales en estado fino se acostumbran a suministrar en forma de granalla o en forma de plancha laminada.

Para dar dureza o maleabilidad al metal, hay que conocer el comportamiento de su estructura interna cuando es sometido a distintos cambios de temperatura y presión.

A temperatura ambiente, el metal está formado por una serie de estructuras regulares dispuestas en un orden; los llamamos cristales. La estructura del metal puede compararse con un panal de abejas, formado a partir de hexágonos de cera superpuestos para formar una estructura mayor. Existen siete sistemas de cristales y catorce configuraciones de enrejado; algunos cristales tienen forma cúbica y otros formas hexagonales. Los metales que se trabajan en joyería (oro, plata, cobre, níquel, plomo, aluminio) tienen todos la misma estructura cúbica cristalina.

Cuando se funde el metal, éste deja de ser sólido para convertirse en líquido, sustituyendo su estructura geométrica inicial por una estructura menos geométrica y ordenada.

Cuando el metal se enfría, empieza a recuperar su estructura, pero lo hace desordenadamente, formando una especie de racimos que tienen todos el mismo orden pero no necesariamente la misma orientación. A medida que el metal se enfría, se forman más y más racimos hasta que chocan entre sí; se van formando unas líneas o fisuras donde confluyen los racimos. Cuanto más pequeñas y juntas están estas líneas, más duro es el metal; los cristales en los límites no pueden moverse. Cuando se trabaja un metal mediante laminado, forjado, estirado o cualquier otro tipo de proceso, estos grupos o racimos están cada vez más comprimidos, de manera que crean más límites, reducen los espacios libres y ganan cada vez mayor dureza. Cuando el metal se calienta hasta su temperatura de recocido, recupera una estructura cristalina próxima a la inicial, es decir, vuelve a un enrejado más ordenado y, por lo tanto, nuevamente es dúctil y apto para trabajar. Aplicando calor se acelera el movimiento de los átomos y la subsiguiente recristalización. A este proceso se le llama recocido; en este estado el metal posee pequeñas dislocaciones o vacíos que permiten un mayor movimiento de los cristales, razón por la cual es más maleable.

También es muy importante la manera en que el metal se enfría hasta llegar a la temperatura ambiente. Si se enfría de golpe con agua, se interrumpe el proceso de ordenación. Hay casos en los que es necesario enfriar el metal rápidamente para conservar la estructura de los cristales y casos en que no es aconsejable hacerlo; depende del metal utilizado y de la temperatura alcanzada en el recocido.



◀ Enfriar un lingote de plata bruscamente es útil en caso de realizar un trabajo de forja o trefilado.

El oro es uno de los metales más maleables que existen, pero sin alear resulta demasiado blando. Para darle dureza y así realizar trabajos de joyería, es necesario alearlo, es decir, mezclarlo con cobre, plata o paladio, para conseguir mayor resistencia, o para variar su color hasta obtener el matiz deseado de oro amarillo, paja, blanco, etc.

El título del metal y sus cálculos

Una vez limpio de impurezas, el oro puede denominarse oro fino, o usando una terminología profesional, oro de 1.000 milésimas o de 24 quilates.

El título del metal indica su pureza. Ésta puede expresarse en quilates o en milésimas. Los dos términos son unidades de medida que indican el **título** del metal. El título 18 quilates indica que de 24 partes, 18 son de oro fino y las 6 restantes son de aleación. Estos 18 quilates pueden expresarse en milésimas, unidad de medida mucho más precisa y profesional: el oro de 18 quilates es oro de 750 milésimas, pues contiene 750 partes de oro fino y 250 partes de liga.



▲ Balanza de precisión. Es un instrumento imprescindible para la preparación de las distintas aleaciones.

▼ Desde la antigüedad, los fabricantes y los gremios han contrastado las piezas con punzones identificativos del artesano; gracias a estas marcas hoy en día se puede catalogar y conocer su origen.





◄ *Relicario de la Santa Cruz.* Museo degli Argenti, Florencia (Italia).

Equivalencias entre quilates y milésimas

Quilates	Milésimas
24	1.000
22	916
18	750
14	583
9	378
1	41,6

Un **quilate** equivale a 41,6 milésimas:

$$1 \text{ quilate} = \frac{1.000 \text{ milésimas}}{24 \text{ quilates}} = 41{,}666 \text{ milésimas}$$

Por lo tanto, si se desea saber cuántos quilates tiene un metal de 750 milésimas sólo tendremos que dividir la ley del metal que queremos conocer entre 41,6 quilates.

$$\text{Quilates} = \frac{\text{Ley del metal}}{41{,}6} = \frac{750}{41{,}6} = 18 \text{ quilates}$$

En cada país existe una ley de metales preciosos. Ésta impone unos mínimos de calidad y debe respetarse.

En un taller se suelen tener piezas para fundir de distintas procedencias y, por lo tanto, no conocer su ley. En estos casos lo más recomendable es llevar una pequeña muestra a un laboratorio especializado, cuyo análisis dará un resultado más exacto expresado en milésimas. El paso siguiente será aumentar o disminuir el título de estas aleaciones. Si el título que tenemos está por debajo del título que se desea, se debe aumentar añadiendo oro fino: en el caso contrario, es decir, que tengamos un título más alto, por ejemplo, oro de 916 milésimas (22 quilates), deberemos disminuir el título añadiendo liga al lingote inicial. Para ello utilizaremos las fórmulas enumeradas a continuación.

Cómo aumentar con oro fino un título más bajo

La siguiente fórmula resulta muy útil cuando se quiere convertir una ley baja en otra alta, añadiendo oro fino. Se debe tener presente que 1.000 milésimas corresponden a la ley del oro fino y que, en este caso, la ley deseada es siempre la ley más alta.

Fórmula 1

$$\frac{(\text{Ley alta} - \text{Ley baja}) \times \text{Peso del lingote}}{1.000 - \text{Ley alta}} = \text{Gramos de oro fino}$$

Por ejemplo, si se quisiera aumentar un lingote de 20 g de 500 milésimas (ley baja) a 750 milésimas (ley alta), se tendrían que añadir 20 g de oro fino, tal y como se puede comprobar al desarrollar la fórmula:

Ejemplo A

$$\frac{(750 - 500) \times 20 \text{ g}}{1.000 - 750} = \frac{5.000}{250} = \text{20 g de oro fino para añadir}$$

Así pues, al añadir 20 g de oro fino a los 20 g de 500 milésimas que ya se tenían en un principio, se obtiene un lingote de 40 g de aleación de 18 quilates (750 milésimas).

Cómo conocer la cantidad de oro fino que contiene una aleación determinada

Otra fórmula, muy útil, que permite conocer la cantidad de oro fino que contiene una aleación determinada, consiste en multiplicar el peso de la aleación que tenemos por el título de dicha aleación y dividirlo por 1.000: el resultado es la cantidad de oro fino que contiene y la diferencia es la liga.

Fórmula 2

$$\frac{\text{Peso inicial} \times \text{Título de la aleación}}{1.000} = \text{Cantidad de oro fino que contiene la aleación}$$

Si se aplica la fórmula al ejemplo anterior (un lingote de 40 g de 750 milésimas), el resultado sería:

Ejemplo B

$$\frac{40 \times 750}{1.000} = \text{30 g de oro fino}$$

Por lo tanto, el lingote de 40 g de aleación de 18 quilates (750 milésimas) contiene 30 g de oro fino.

Si se retoma el ejemplo A y se calcula cuánto oro fino contiene la aleación inicial de 500 milésimas, puede verificarse que efectivamente el lingote de 40 g de aleación de 18 quilates contiene 30 g de oro fino.

Primero se ha de calcular cuánto oro fino contiene la aleación de 20 g de 500 milésimas:

Ejemplo C

$$\frac{20 \times 500}{1.000} = \text{10 g de oro fino}$$

El resultado es 10 g de oro fino. Por lo tanto, si se suman estos 10 g de oro fino que contiene la aleación de 500 milésimas a los 20 g de oro fino que se añadieron en el ejemplo A, se obtienen 30 g de oro fino en total, es decir, el mismo resultado que se obtuvo al desarrollar el ejemplo B.

Cómo se puede disminuir con liga un título más alto

La siguiente fórmula permite rebajar una ley alta añadiendo liga al metal. En este caso, la ley baja es la ley deseada.

Fórmula 3

$$\frac{(\text{Ley alta} - \text{Ley baja}) \times \text{Peso del lingote}}{\text{Ley baja}} = \text{Liga para añadir}$$

Por ejemplo, si es necesario pasar 25 g de oro de 22 quilates (o 916 milésimas) a 18 quilates (750 milésimas), se aplicará la fórmula anterior de la siguiente manera:

Ejemplo D

$$\frac{(916 - 750) \times 25}{750} = \frac{4.150}{750} = \text{5,53 g de liga}$$

Así pues, si a los 25 g de oro de 22 quilates (916 milésimas) le añadimos 5,53 g de liga, obtendremos un lingote de 30,5 g de 18 quilates.

Recuerde que un quilate se refiere a la aleación y no tiene nada que ver con la medida quilate utilizada en las piedras preciosas, que es una unidad de peso igual a 0,2 gr.

Oro

Símbolo	Au
Número atómico	79
Peso atómico	196,9
Densidad	19,3
Punto de fusión	1063 °C

Cómo conocer el quilataje de una aleación

En el taller el método más utilizado es el de la "piedra de toque". Su realización es fácil y se usa con frecuencia para determinar el quilataje del oro. Sin embargo, no es tan preciso como un análisis químico realizado por un experto, que indica con mayor exactitud el título del metal en milésimas.

El método consiste en rayar la piedra de toque con una muestra del metal del que deseamos conocer su ley, junto a otra raya de aleación conocida. Aplicamos ácido de toque a las dos rayas para observar si el brillo cae en la raya o no. Si el brillo de las dos rayas se mantiene, más próxima a esta ley está la muestra.

Por ejemplo, si queremos saber si un anillo de oro es de 18 quilates, primero debemos limar la pieza para eliminar así un posible baño; una vez hecho esto, rayamos por este punto en la piedra de toque, justo al lado de otra raya hecha con un pedazo de oro de 18 quilates. Seguidamente, ponemos una gota de ácido de toque de 18 quilates en las dos muestras, y observamos si el brillo se mantiene igual que en la segunda muestra o si, por el contrario, cae. La caída de brillo indica que el oro es inferior a 18 quilates; si se mantiene, el brillo indica que el quilataje es igual o superior a 18 quilates, pero no indica el quilataje exacto.

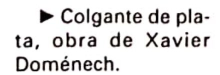
El ácido de toque aplicado a una muestra indica con cierta imprecisión que el metal es superior al quilataje del ácido utilizado. Para saber si el oro es de 22 quilates tendríamos que repetir la operación con el ácido de toque para 22 quilates, en caso de que la muestra mantuviera el brillo en 18 quilates. Si el brillo en 18 quilates cayera, tendríamos que repetir la muestra con ácido de toque de 14 quilates y así sucesivamente, hasta que el brillo se fijase en algún quilataje.

Para comprobar si una pieza es de plata existen ácidos de toque específicos, pero si decidimos analizarla, con el ácido de toque de 18 quilates utilizado para el oro, la raya se volverá de color azul claro, pues habrá reaccionado en cloruro de plata.

► Para comprobar el quilataje de una aleación se frota la pieza encima de una piedra de toque y se aplica ácido de toque del mismo quilataje. En este caso, se frotó un poco de plata y un poco de oro de 18 quilates y se aplicó ácido de toque de 18 quilates. La plata se identifica por el tono azul y el oro por el brillo que mantiene.



▲ El equipo básico para realizar la comprobación por el método de la "piedra de toque" requiere distintos ácidos, así como una piedra y una estrella. Los ácidos de toque más usuales son los de 14, 18 y 22 quilates. La estrella tiene en cada punta un título distinto que se utiliza como muestra para comprobar el quilataje.



Plata

La plata es un metal muy maleable, y, al igual que el oro, en estado puro es muy blanda. En su liga con el cobre adquiere mayor dureza y resistencia, pero también se vuelve más oxidable.

La plata se alea frecuentemente con cobre en una proporción de 925 milésimas como primera ley, es decir: 925 partes de plata fina y 75 partes de cobre. Es la aleación más frecuente, aunque en algunos casos, por ejemplo para embutir o para tornear, puede añadírsele una pequeña proporción de cadmio (2,5 milésimas). Éste debe tirarse en el crisol envuelto en papel de fumar, siempre y cuando el cobre y la plata estén ya fundidos; de lo contrario, se perderían propiedades en la aleación, ya que el cadmio se oxida rápidamente y se volatiliza.

	Plata	
	Punto de fusión	**Densidad**
Plata fina	960 °C	10,5
Plata de 925 milésimas	893 °C	10,4



► Colgante de plata, obra de Xavier Doménech.

Fundición

Antes de proceder al fundido en sí, es imprescindible conocer varias operaciones básicas. La más importante es la preparación de la liga del oro y de la plata para que se ajuste al título o ley.

En joyería, la aleación más utilizada para el oro es la de 750 milésimas o 18 quilates. Se acostumbra a multiplicar por 0,33 la cantidad de oro fino que se posee para encontrar la aleación necesaria y añadirla al oro fino que tenemos.

Ejemplo: si se tienen 75 g de oro fino, ¿cuánta liga se precisa para lograr el peso total de la aleación? El resultado es 24,75 g de liga:

75 g × 0,33 = 24,75 g de liga que se añadirá al oro fino.

El peso total será: 75 + 24,75 = 99,75 g de oro de 18 quilates.

Ligar el 33,33 % es lo correcto, pues ajusta perfectamente a las 750 milésimas que marca la ley. Muchos fundidores y fabricantes añaden sólo un 32 %, asegurando una ley más alta, especialmente si se funde con centrífuga.



◄ La plata, el cobre y el fundente son los tres elementos esenciales para preparar las aleaciones.



▲ **1.** El metal puede fundirse en distintos tipos de horno; en este caso, se ha utilizado un horno de gas con turbina eléctrica, que contiene un crisol de grafito en su interior.



▲ **2.** Una vez fundido el metal, debe colarse en una chaponera en el caso de desear obtener una plancha.



◄ **3.** Si el objetivo es obtener un riel para preparar hilo, el metal fundido debe colarse en una lingotera. Es importante que las lingoteras estén calientes en el momento de colar el metal; en caso contrario, el metal puede salir escupido por el choque térmico.



▲ 4. Una vez colado y frío el metal dentro de las distintas lingoteras, se obtiene el lingote inicial. Éste se debe decapar antes de empezar a laminarlo.

Aleación de oro amarillo	Metal	En milésimas	Porcentaje
Oro verde	Oro fino	750	100
	Plata	187	25
	Cobre	62	8
Oro paja	Oro fino	750	100
	Plata	125	16,65
	Cobre	125	16,65
Oro rojo	Oro fino	750	100
	Plata	62	8
	Cobre	187	25

▲▼ Tablas A y B.

Distintas aleaciones de oro blanco paladiado (en milésimas)

Oro	Paladio	Plata	Cobre
750	125	125	–
750	80	125	45
750	200	50	–
750	250	–	–

Oro amarillo

El oro amarillo de 18 quilates suele ligarse con una liga compuesta por una mitad de cobre y la otra de plata. Según las proporciones que se utilicen, se obtendrán un color y una dureza distintos. En la tabla A se pueden apreciar las aleaciones más frecuentes para realizar una aleación de oro amarillo.

Cuanto más cobre contenga la aleación, más rojo y más duro será el metal; y cuanta más plata, más amarillo y más blando.

También existen ligas preparadas para fundir directamente, las cuales, una vez ligadas con oro fino, confieren al oro de ley distintas características y colores.

Para saber el oro fino que tiene una aleación

Se multiplica el peso que tenemos por 750, en el caso de ser de 18 quilates, y se divide por 1.000. El resultado será oro fino.

Para saber el metal ligado

Se multiplica el peso de metal fino por 1.000 y se divide por la ley de la aleación, que en nuestro caso sería 750. El resultado es oro de ley.

Si tenemos un modelo de un metal determinado y queremos saber cuánto pesará en oro o en plata

$$\frac{\text{Peso del modelo} \times \text{Densidad del metal para fundir}}{\text{Densidad del metal del modelo}} = \text{Peso de la pieza}$$

Oro blanco

Del mismo modo que en las distintas aleaciones de oro amarillo (oro verde, oro paja y oro rojo), el oro blanco se consigue variando 250 milésimas de aleación con distintas proporciones de paladio, plata y níquel. El oro blanco tiene un tono amarillo muy pálido, y es por ello que habitualmente se le da un baño electrolítico de rodio después de su pulido. Las aleaciones más aconsejables para trabajar son las realizadas con paladio y plata (véase la tabla B).

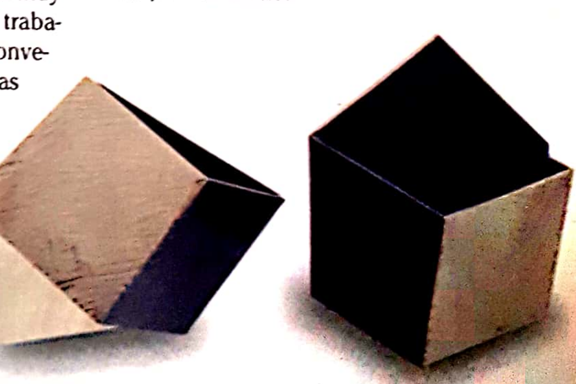
El oro totalmente paladiado resulta muy blando, por lo que puede ser útil para trabajos como el forjado, pero es un inconveniente cuando se han de construir garras de hilo para galerías o para trabajos que requieren un metal más resistente. Para fundir las aleaciones con paladio se precisa una temperatura más alta; por lo tanto, es aconsejable utilizar oxígeno.

Fundentes y purificadores

Cuando se funde el metal es conveniente utilizar productos que lo limpien y lo protejan de la oxidación. El producto más conocido es el bórax, que, aplicado en el momento de fundir, elimina la oxidación superficial y eleva ligeramente el punto de fusión de la aleación.

Otros fundentes empleados tradicionalmente son la sal común, el nitrato de sodio, o el nitrato de potasio o sal nitro, que da un excelente resultado como limpiador de la fundición. Asimismo, el bicarbonato sódico se usa en especial para fundir la limalla.

▼ Pendientes de oro blanco realizados por Giampaolo Babetto.



Recocido y decapado



▲ Habitualmente el recocido se realiza con el soldador, procurando aplicar el calor de forma uniforme para recocer todo el metal por igual.

El recocido y el decapado son dos procesos muy utilizados en joyería. No existe uno sin el otro y se suelen efectuar varias veces, especialmente en trabajos de forja o trefilado.

El trabajo del metal por medio mecánico conlleva un endurecimiento del mismo que implica un recocido. El recocido genera una oxidación superficial, que debe eliminarse con un decapado.

Recocido

Al ser trabajados, los metales se endurecen paulatinamente hasta que llega un momento en que, de continuar trabajándolos, se partirían. Es entonces cuando se procede a recocer. El proceso consiste en calentar el metal hasta un punto llamado "de recocido". Es en este punto donde el metal vuelve a recuperar una ordenación cristalina muy próxima a la inicial, y a ser dúctil y apto para continuar trabajándolo. Si no se recociera, el metal empezaría a agrietarse y a partirse. Es importante que la temperatura de recocido no sea excesiva, pues se producirían unos cristales internos excesivamente grandes. Por el contrario, si la temperatura es escasa, los cristales no alcanzarían el tamaño idóneo.

No todos los metales se recuecen a la misma temperatura ni en el mismo momento. El oro fino prácticamente no precisa recocido, pero aleado a 18 quilates necesitará un primer recocido al llegar a una reducción de un 75 % de su volumen inicial.

Es aconsejable recocer sobre un bloque de carbón vegetal, pues se reduce la oxidación y se puede ver mejor el color rojizo del recocido. Se mantendrá al rojo durante unos segundos para luego dejarlo enfriar.

Cada metal tiene una temperatura y un tiempo idóneos de recocido. En el proceso se requiere cierta práctica en la observación del color pardo rojizo que alcanza el metal al ser recocido.

También se puede recocer en un horno que tenga una buena regulación de temperatura. Manteniendo el metal en su interior durante cierto tiempo pueden lograrse recocidos perfectos. En el caso del oro paja (que contiene 750 milésimas de oro fino, 125 milésimas de plata y 125 milésimas de cobre), una vez reducido a un 75 % su volumen, lo óptimo es un recocido durante 30 minutos a 550 °C. Sin embargo, en los talleres artesanales no siempre es posible trabajar con horno, y cuando lo es, en ocasiones puede ser un inconveniente, ya que durante el proceso de trabajo se tiene que recocer muchas veces la pieza; por lo tanto, es más práctico y rápido hacerlo directamente con el soplete en la mesa.

Temperaturas aconsejables de recocido

Metal	Temperatura del recocido en °C
Cobre	600-700
Oro	600-750
Plata fina	300-700
Platino	600-1.000
Plata de ley	sobre 750

Cuando el metal se enfría, se interrumpe de golpe el orden de los cristales. Este efecto es bueno en algunos casos, pero en otros resulta contraproducente, por ejemplo, cuando

▼ El carbón vegetal y un fuego indirecto en el recocido del hilo permiten un reparto de calor mejor y más uniforme .



se trabaja una pieza o una plancha, ya que el cambio brusco de temperatura puede deformarla. Para enfriar rápidamente el metal debe hacerse en agua, también puede utilizarse el ácido, pero se producen vapores tóxicos y salpicaduras que agujerean la ropa y al contacto con la piel provocan quemaduras.

Recomendamos recocer los lingotes de plata de ley a bastante temperatura (más de 760 °C) y luego enfriarlos con agua fría para hacerlos más maleables.

La plata en forma de pieza o plancha debe recocerse, pero sin calentarla tanto como el lingote, para posteriormente decaparla cuando su temperatura haya descendido por debajo de los 500 °C. De este modo, se evitarán las deformaciones.

En el caso del oro no es posible generalizar, pues las aleaciones de oro varían en función de qué metales y en qué cantidad se han utilizado en la aleación. Sin embargo, algunas veces enfriar de golpe permite ablandar más el oro que dejándolo enfriar lentamente.



▲ *Decapado de varios lingotes en ácido sulfúrico. Los contenedores de plomo se utilizan para el decapado con mucha frecuencia, pues no se rompen y pueden calentarse.*

Recomendaciones

Cuando se tenga que recocer bastante hilo de oro o de plata muy fino es fácil que éste se funda en el intento. Para impedirlo, es preciso tomar una lata vieja, poner dentro el hilo mojado en un antioxidante junto con trozos de carbón vegetal y con el soldador aplicar fuego a la lata. De este modo el calor se repartirá por un igual sin que el hilo se parta.

Otro método consiste en llenar una caja de cobre de carbón vegetal. En su interior se dispone el hilo, procurando que no toque las paredes del recipiente; se calienta el horno a temperatura de recocido y una vez alcanzada se coloca la caja en su interior.

Para evitar la oxidación puede utilizarse un antioxidante, ya que forma una película de sales que evita la oxidación del metal en contacto con el fuego.

Decapado

En la superficie del metal, después de recocido y fundido, se forma, al contacto con el oxígeno del aire, una capa de óxido derivada básicamente del cobre de la aleación. Junto con este óxido, también se encuentran restos de fundente procedentes del líquido de soldar o del bórax utilizado para fundir. Este óxido debe eliminarse. Si se trabaja con él, se estropearían las limas y el metal sería difícil de soldar. Para ello, se utilizará una disolución llamada **blanquimiento**.

Para decapar el oro y la plata se acostumbra a utilizar una solución de agua con un 20 % de ácido sulfúrico. Esta disolución debe calentarse para ser más efectiva. Si se trabaja en frío se tarda mucho más tiempo en decapar la pieza.

Normas de seguridad

El ácido sulfúrico debe añadirse siempre al agua fría, de lo contrario se generaría una peligrosa reacción.

Los vapores del ácido sulfúrico son perjudiciales, por ello debe manipularse en lugar ventilado y seguro.

Deben prevenirse las salpicaduras de ácido sulfúrico, ya que queman la piel y agujerean la ropa.

Otras disoluciones para decapar

Para la plata, el cobre y el latón, una disolución de un 10 % de ácido sulfúrico en agua da un óptimo resultado.

Para el bronce debe utilizarse una disolución que contenga ácido nítrico y agua a partes iguales, pero sólo durante unos instantes, para arrancar la primera oxidación, ya que el ácido nítrico ataca el bronce. Para un decapado seguido se puede preparar una disolución de un 20 % de ácido sulfúrico en agua.

Para el oro también se usa una disolución de una parte de ácido nítrico y diecinueve partes de agua.

La disolución de sulfúrico es la más empleada en joyería, pero genera vapores tóxicos; por lo tanto, deben tenerse en cuenta las siguientes sugerencias:

Puede realizarse una disolución que contenga de un 10 a un 20 % de alumbre potásico disuelto en agua, que una vez caliente da buenos resultados.

Otra propuesta, que además genera un agradable olor, consiste en verter dentro de una cubeta de cobre el jugo de un limón, junto con sal marina sin yodar. Cuando se mantiene hirviendo al mínimo esta disolución elimina el óxido.

Existen otras disoluciones menos agresivas que el ácido sulfúrico para decapar el metal, especialmente aconsejables si el taller no dispone de una ventilación adecuada. Los fabricantes de productos químicos para joyería comercializan algunas que, disueltas en agua, dan excelentes resultados.

En las disoluciones de ácido no hay que introducir hierro ni acero. Las pinzas que se utilicen deben ser de plástico, cobre o unas pinzas antiácido.

Después del decapado, siempre se debe enjuagar la pieza con agua y luego secarla para poder continuar trabajándola.

Recuerde

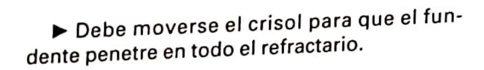
Las sales neutralizan los ácidos. Para eliminar en buena parte el ácido del interior de una pieza hueca, o de una pieza con muchos rincones, se debe utilizar una disolución de bicarbonato sódico. Después de sacar la pieza del ácido, es útil hacer un primer enjuague en una ligera disolución de bicarbonato

Cuidados del metal y su recuperación

Para no tener problemas posteriormente, hay que asegurarse de que los metales que se utilizan en la fundición sean lo más puros posible; para ello se evitará usar cobre en prelaminados, prefiriendo siempre cobre electrolítico y plata fina.

También conviene ser muy cuidadoso con el metal y los crisoles que se utilizan. Cuando se funde por primera vez en un crisol nuevo, éste tiene que prepararse previamente; debe fundirse bórax o fundente para metal en su interior y deslizarse por todas las paredes del crisol para que así quede protegido y el metal, al ser colado, fluya mucho mejor.





▶ Debe moverse el crisol para que el fundente penetre en todo el refractario.

▼ El crisol está listo para fundir.



Cuando se funden retales sobrantes del cajón, debe tenerse mucho cuidado, pues en éste pueden haber caído restos de todo tipo. Primero deben separarse los restos que estén limpios de soldadura, luego la limalla y los restos de metal que tengan soldadura. Los restos limpios pueden fundirse directamente, aunque previamente se les pasará el imán para quitar los restos de hierro.

En caso de que la limalla esté muy sucia y que los restos de las piezas estén llenos de soldadura o presenten partículas de estaño o plomo, lo más adecuado será afinarlo en un taller especializado. No resulta muy caro y se evitan problemas con la ley del metal.

Si se decide fundir la limalla, ésta debe calcinarse en una sartén o cualquier otro útil apropiado para ello, pasándole después un imán para eliminar los pequeños restos de hierro. Si la limalla es de oro, la pondremos en un agua fuerte de ácido nítrico, el cual eliminará el cobre, la plata y el latón. Terminada la acción del ácido, que puede durar varias horas, se filtra la limalla o se decanta lavándola con agua destilada. A continuación, puede fundirse utilizando una mezcla de bórax y bicarbonato al 50 %.



▲ Dentro del cajón de la mesa suelen quedar trozos de hierro procedentes de sierras y fresas rotas, así como pequeños restos metálicos que dejan las limas. Para extraer estos restos se utiliza un imán.

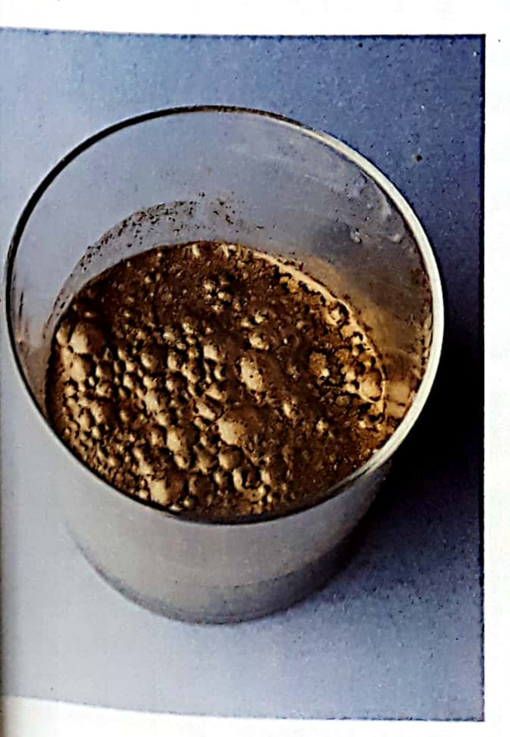
La forma de fundir la limalla es importante; ésta debe mezclarse en suficiente cantidad con el bórax y el bicarbonato, de manera que cuando esté fundida se produzca una escoria líquida y fluida que permita que las pequeñas partículas de metal se depositen en el fondo del crisol y no queden en suspensión; mientras se funde deberá agitarse el metal con una varilla de material refractario. Finalizada la fundición, resulta aconsejable tomar una muestra y analizarla para conocer exactamente las milésimas de oro fino que contiene.

Dado que se trabaja con metales costosos, es importante evitar algunos metales y materiales nocivos que, mezclados en el crisol, pueden estropear la nueva liga.

Los joyeros evitan en lo posible el contacto con metales como el plomo, el estaño y el aluminio con el oro o la plata; un solo gramo de plomo podría hacer que se agriara hasta un kilogramo de oro, lo que supondría tener que recuperar todo el metal y soportar unas pérdidas de peso en el resultado final, es decir, se tendría una **merma.**

Trabajando en la astillera, ha de evitarse que caiga cualquiera de los metales antes citados; en muchos casos esto pasa desapercibido, ya que se puede haber fundido una pieza con algo de estaño y no haberlo visto oculto debajo de un baño de oro. Una vez que se ha fundido el metal y empezado a laminar, pueden observarse unas pequeñas fisuras en el mismo sentido; el metal está resquebrajado y no se puede trabajar. A este estado se le llama vulgarmente **agrio,** y es uno de los problemas más graves que pueden presentarse.

▼ Reacción que produce el ácido nítrico cuando ataca metales como el cobre o la plata.





▲ Agriado de oro.

El oro agriado se puede identificar visualmente por las pequeñas fisuras que se producen al laminarlo. El metal es quebradizo y resulta imposible trabajar con él. En ocasiones, también puede identificarse por el sonido: al caer sobre una superficie dura no suena como el oro en buen estado, produce un sonido mucho más grave.

Cuarteo

Es un método fácil y económico que desde antaño se realiza en los talleres pequeños. Se aplica para limpiar el oro de su aleación y de paso eliminar los metales que lo han agriado.

El proceso consiste en fundir cada parte de oro que quiera afinarse junto con cuatro partes de cobre. Una vez fundido el metal, debe laminarse a unas tres décimas de milímetro aproximadamente y cortarse en trozos de más o menos un centímetro. Seguidamente, se sumergirá la aleación en ácido nítrico y agua a partes iguales, para evitar en lo posible las salpicaduras. Llegados al punto en que al echar más ácido al metal éste no hierve, ya no se echará más, pues la reacción ha terminado. A continuación, se procederá a eliminar el ácido por decantamiento añadiendo agua destilada en la cubeta. Una vez que el oro esté filtrado y seco se podrá fundir.





◄▲ Para el cuarteo es imprescindible la utilización de una máscara con filtro antiácido y guantes especiales. El cuarteo siempre debe realizarse en un lugar ventilado.

El cuarteo es efectivo en muchos casos, pero puede que no elimine completamente el plomo y otros metales; además, no deja el oro en 1.000 milésimas sino próximo a ellas. Una vez terminado el proceso, sería preciso analizar su título mediante un análisis. No es recomendable ligar a un 33,33 % de liga, pues el título caería por debajo de las 750 milésimas; en caso de tener que ligarlo de nuevo sería más correcto emplear un 32 % de liga.

Si el oro está muy contaminado o se tiene mucha cantidad de limalla, es aconsejable dirigirse a una empresa especializada en afinado de metales preciosos; ésta afinará el oro con unas mermas muy ajustadas.

Normas de seguridad

El ácido, al hervir, emana vapores nitrosos que no deben respirarse bajo ningún concepto. Asimismo, debe evitarse cualquier contacto del ácido con la piel.

Esta operación debe realizarse en lugar ventilado, con una máscara con filtro antiácido y con guantes especiales.

Las botellas de ácido deben guardarse en un lugar seguro fuera del alcance de los niños, a poder ser, en un armario cerrado.

En caso de accidente, es preciso aclarar la parte afectada con abundante agua y acudir rápidamente al médico.

Mermas

En el proceso de elaboración de una pieza siempre se generan unas pequeñas pérdidas de metal como consecuencia de su manipulación. Muchas de estas mermas se producen al fundir. El metal se pierde por pequeñas salpicaduras generadas por el fuego demasiado potente, o por quedar pequeñas bolas de metal adheridas a la superficie del crisol, aunque este metal es fácilmente recuperable.

▼ Un buen equipo de aspiración con cabina evita que se respire polvo de abrasivo, que resulta bastante nocivo. También ahorrará mucho dinero cuando se lleve el saco del aspirador a recuperar.





▲ Las mesas de joyero tienen un particular diseño que permite la recogida del metal limado en un cajón dispuesto bajo la astillera.

La oxidación también genera pequeñas pérdidas. Cuando se funde o cuando se recuece, se produce un óxido que suele proceder del cobre de la aleación; una vez eliminado en el blanquimiento, se habrá producido una pequeña merma en el peso. Cuando se recuece, es aconsejable utilizar un antioxidante; de este modo, se evitan las pérdidas y la pieza llegará a la pulidora en buen estado superficial, sin que se haya producido lo que se llama la "piel de limón".

Otras fuentes de merma son el limado, el serrado y el esmerilado. Se origina una dispersión general de polvo que contiene metal y que nunca se logra recuperar en su totalidad; por ello es interesante esmerilar con el motor dentro de una pequeña cabina y tener limpio el cajón, procurando cepillar las herramientas y los brazos al finalizar cada tarea.

Quizá la mayor parte de merma la genera la pulidora. En este caso la única solución es adquirir un equipo con aspiración para posteriormente recuperar los restos de pasta de pulir.

También los líquidos provenientes del lavado de manos, de los baños electrolíticos o de ultrasonido deben guardarse para su recuperación. En el mercado existen fregaderos especiales con filtro que recuperan el metal.

Basuras

Lo más aconsejable es confiar la basura a una empresa especializada en recuperación. Es la solución más rentable, ya que en un pequeño taller resulta complicado tratar ciertos metales y realizar determinados procesos que requieren instalaciones de seguridad apropiadas.

Para facilitar los trabajos debe mantenerse un alto grado de limpieza y seleccionar apropiadamente las basuras del taller. Es importante disponer de varios recipientes para ir seleccionando los distintos tipos de basura o escobilla. En un recipiente se irán acumulando los esmeriles o todo el material que haya entrado en contacto con metal: esmeriles, gamuzas, el barrido del suelo, etc. En otro recipiente se pondrá la escobilla de la pulidora y todo lo relacionado con ella; y en otro los crisoles de fundición y el material refractario. Cuando se trate de un taller muy pequeño, en el que la cantidad de metal trabajado sea reducida, será suficiente con tener un recipiente único con la basura sólida y separar sólo los líquidos: por un lado, todo el líquido proveniente de la limpieza, manos, ultrasonido, etc., y por el otro, los líquidos del baño electrolítico.

Para reducir el volumen de la escobilla o basura, éstas pueden quemarse en un lugar ventilado, procurando que no se disperse. Con esta operación se logra reducir considerablemente el coste de recuperación.